

**DUDEN**

ABI GENIAL

# Physik



DAS SCHNELL-  
MERK-SYSTEM

Für  
schnellen  
Lernerfolg

# So lernen Sie besser!

## Überblick verschaffen und einen Plan machen

Verschaffen Sie sich einen Überblick über den Lernstoff und erstellen Sie einen Zeitplan zu den einzelnen Themen, den Sie immer wieder überprüfen und ggf. anpassen.

## Perspektive wechseln

Machen Sie Ihre Notizen auf einem Blatt im Querformat oder hängen Sie Schaubilder verkehrt herum auf. So kommen Sie schnell auf neue Gedanken und Sie erkennen schneller, was wirklich wichtig ist, um Zusammenhänge herzustellen.

## Sich konzentrieren

Sudokus, Kreuzwörtertsel oder Memos verbessern die Konzentrationsfähigkeit. Entwerfen Sie als besonders kreative Umsetzung eigene Kreuzwörtertsel zum Lernstoff und tauschen Sie diese in einer Lerngruppe aus.

## Wissen verknüpfen

Sie merken sich Sachverhalte leichter, wenn Sie neues Wissen mit vorhandenem Wissen verknüpfen: Prägen Sie sich Oberbegriffe ein und ordnen Sie die passenden Unterbegriffe zu. Veranschaulichen Sie Ihr Lernthema in einer Skizze oder Mindmap.

## Nicht ablenken lassen

Ablenkung stört beim Lernen. Legen Sie daher alles beiseite, was Sie ablenken könnte. Suchen Sie sich einen geeigneten Ort, an dem Sie sich in Ruhe auf Ihre Prüfungen vorbereiten können.

## Pausen machen

Konzentriert zu arbeiten ist anstrengend. Daher ist es wichtig, regelmäßige Lernpausen einzulegen. Frische Luft und Bewegung zwischendurch fördern das Denken.

# Duden

ABI GENIAL

# Physik



DAS SCHNELL-  
MERK-SYSTEM

Dudenverlag  
Berlin

# Inhaltsverzeichnis

So funktioniert Abi genial	6
MINDMAP Der Prüfungsstoff	8
Das Wichtigste in Kürze	10

## 1. Denk- und Arbeitsweisen der Physik 22

Wichtige Definitionen 22

1.1 Begriffe, Größen und Modelle in der Physik 23

1.2 Physikalische Gesetze und Theorien 24

1.3 Arbeiten mit physikalischen Gesetzen 25

### TOPTHEMA

Physikalische Experimente 28

1.4 Messen physikalischer Größen 30

## 2. Mechanik 32

Wichtige Definitionen 32

2.1 Eigenschaften und Modelle der Körper 33

2.2 Kinematik 35

2.3 Dynamik 43

### TOPTHEMA

Newtonsche Gesetze 48

2.4 Energie, mechanische Arbeit und Leistung 51

2.5 Mechanik starrer Körper 56

2.6	Impuls und Drehimpuls	60
	<b>TOPTHEMA</b>	
	Unelastischer und elastischer Stoß	64
2.7	Gravitation	66
2.8	Mechanische Schwingungen und Wellen	69
<b>3.</b>	<b>Thermodynamik</b>	<b>76</b>
	Wichtige Definitionen	76
3.1	Betrachtungsweisen	77
3.2	Thermisches Verhalten der Körper	78
	<b>TOPTHEMA</b>	
	Gesetze des idealen Gases	82
3.3	Kinetische Wärmetheorie	84
3.4	Die Hauptsätze der Thermodynamik	87
3.5	Strahlungsgesetze	97
<b>4.</b>	<b>Elektrizitätslehre</b>	<b>100</b>
	Wichtige Definitionen	100
4.1	Elektrisches Feld	102
4.2	Magnetisches Feld	110
4.3	Elektromagnetische Induktion	116
	<b>TOPTHEMA</b>	
	Induktion einer Spannung	118
4.4	Halbleiter	123
4.5	Wechselstromkreis	127
4.6	Elektromagnetische Schwingungen und Wellen	131
	<b>TOPTHEMA</b>	
	Spektrum elektromagnetischer Wellen	136

## 5. Optik 138

Wichtige Definitionen 138

5.1 Modelle für das Licht 139

5.2 Ausbreitung des Lichts 140

5.3 Bildentstehung 143

5.4 Optische Geräte 146

5.5 Beugung und Interferenz von Licht 148

5.6 Polarisation von Licht 152

### TOPTHEMA

Spektren und Farben 154

## 6. Quanten-, Atom- und Kernphysik 156

Wichtige Definitionen 156

6.1 Quanteneffekte bei elektromagnetischer Strahlung 157

### TOPTHEMA

Röntgenstrahlen 160

6.2 Interferenz von Quantenobjekten 164

### TOPTHEMA

Quantenobjekte am Doppelspalt 166

6.3 Physik der Atomhülle 169

### TOPTHEMA

Potenzialtopfmodell der Atomhülle 174

### TOPTHEMA

Laser 176

6.4 Physik des Atomkerns 177

### TOPTHEMA

Potenzialtopfmodell des Atomkerns 180

### TOPTHEMA

Strahlenbelastung und Strahlenschutz 184

6.5 Elementarteilchenphysik 190

## 7. Relativitätstheorie 192

Wichtige Definitionen 192

7.1 Grundaussagen der speziellen Relativitätstheorie 193

7.2 Relativistische Kinematik und Dynamik 196

### TOPTHEMA

Allgemeine Relativitätstheorie 202

## Prüfungsratgeber und Prüfungsaufgaben 204

1 Tipps für einen Selbsttest 204

2 Die Klausur 205

2.1 Tipps für das Schreiben einer Klausur 205

2.2 Inhalt und Aufbau einer Klausur 206

2.3 Die Operatoren 207

3 Thematische Prüfungsaufgaben 211

3.1 Mechanik 211

3.2 Thermodynamik 216

3.3 Elektrizitätslehre 219

3.4 Optik 225

3.5 Quanten-, Atom- und Kernphysik 228

3.6 Relativitätstheorie 233

Anhang: Physikalische Konstanten 234

Register 235

*Abi genial* ermöglicht Ihnen eine sehr effektive Prüfungsvorbereitung. Im Mittelpunkt steht die übersichtliche Darstellung von allen abiturrelevanten inhaltlichen Schwerpunkten.

### **Der Prüfungsstoff**

Die Mindmap des Prüfungsstoffes bietet Ihnen eine schnelle Übersicht über alle im Buch dargestellten Inhalte. Nutzen Sie diese, um sich einen Überblick über den Prüfungsstoff zu verschaffen und zu markieren, was Sie noch üben müssen.

### **Das Wichtigste in Kürze**

In diesem Abschnitt sind die Informationen des Buches stark verdichtet zusammengefasst. Sie finden zu den jeweiligen Kapiteln eine Übersicht über die zentralen Inhalte und die wesentlichen Kompetenzerwartungen im Abitur. Sie bilden die Basis des Abiturwissens; für ein vertieftes Verständnis nutzen Sie die ausführlichen Erklärungen eines jeden Kapitels.

### **Kapitelstarter**

Zu Beginn eines jeden Kapitels vermittelt eine Übersicht die wichtigsten Definitionen zu dem Thema.

### **Kapitel**

Im Kapitel wird das Basiswissen mit allen relevanten Inhalten zum Thema dargestellt. Die klare Gliederung des Stoffes ermöglicht Ihnen ein schnelles Auffinden und eine gute Orientierung durch Merkwissen (▶) und Infokästen.

## **Topthema**

Im Topthema werden zentrale Themen des Lernstoffs vertieft.

## **Prüfungsratgeber und Prüfungsaufgaben**

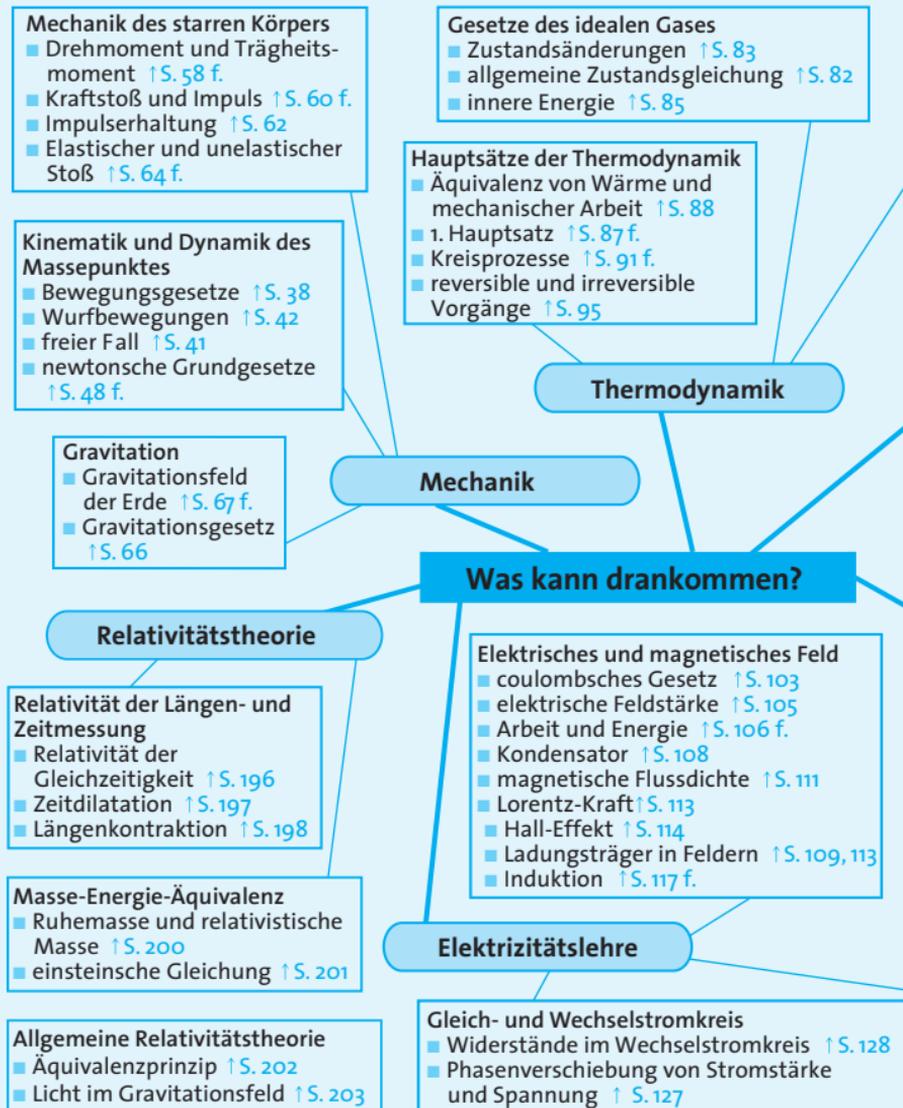
Der Prüfungsratgeber ist ein Extrakapitel, in dem Sie Tipps für einen Selbsttest und zum Schreiben der Abiturklausur erhalten. Hier finden Sie alles Wichtige über die Anforderungsbereiche und Operatoren sowie typische Prüfungsaufgaben zu allen Unterrichtsthemen. Nutzen Sie die erworbenen Kompetenzen, um die Aufgaben zu lösen.

## **Prüfungstraining mit Abitur-Originalklausuren**

Ergänzt wird das Prüfungstraining durch Originalprüfungen mit ausführlichen Musterlösungen, die Sie unter [www.duden.de/abitur](http://www.duden.de/abitur) finden.

 Bitte beachten Sie: Die Anforderungen sind in den Bundesländern sehr unterschiedlich. Auch in den Grund- und Leistungskursen gibt es große Unterschiede in den Kompetenzerwartungen.

Gleichen Sie daher die Angaben in der Mindmap und in den Überblicken (Das Wichtigste in Kürze) mit den Abiturvorgaben in Ihrem Bundesland ab.



### Kinetische Wärmetheorie

- Betrachtungsweisen thermodynamischer Prozesse ↑S. 77
- Geschwindigkeitsverteilung der Teilchen ↑S. 84
- Grundgleichung der kinetischen Gastheorie ↑S. 85

### Interferenz, Beugung, Brechung, Polarisierung

- Huygenssches Prinzip ↑S. 74
- Interferenz am Gitter und an dünnen Schichten ↑S. 150 f.
- Beugungs- und Dispersionsspektren ↑S. 155

### Entstehung und Beschreibung

- Wellengleichung ↑S. 73
- elektrischer Schwingkreis ↑S. 132 f.
- elektromagnetische Wellen ↑S. 134 f.

## Schwingungen und Wellen

### Licht als elektromagnetische Welle

- Lichtmodelle ↑S. 139
- Brechung und Totalreflexion ↑S. 141 f.
- optisch aktive Stoffe ↑S. 153

### Quanteneffekte

- äußerer lichtelektrischer Effekt ↑S. 157
- plancksches Wirkungsquantum ↑S. 158
- Röntgenstrahlen ↑S. 160 f.
- Interferenz von Quantenobjekten ↑S. 164 f.

## Quanten-, Atom- und Kernphysik

### Radioaktivität

- Arten radioaktiver Strahlung ↑S. 179
- Potenzialtopfmodell ↑S. 180
- Nachweis ↑S. 181
- Halbwertszeit, Zerfallsgesetz ↑S. 183
- Strahlenbelastung und Strahlenschutz ↑S. 184 f.
- Kernumwandlungen ↑S. 186

### Physik der Atomhülle und des Atomkerns

- Energieniveauschema ↑S. 171
- Franck-Hertz-Versuch ↑S. 175
- Laser ↑S. 176
- Kernladungs- und Massenzahl ↑S. 177
- Potenzialtopfmodell ↑S. 174
- Bindungsenergie und Massendefekt ↑S. 188
- Kernfusion und Kernspaltung ↑S. 189
- Atommodelle ↑S. 169 ff.
- Elementarteilchen ↑S. 190 ff.

### Halbleiter

- Leitung im Vakuum ↑S. 135
- p- und n-Leitung in Halbleitern ↑S. 124
- Diode und Transistor ↑S. 124 f.

## Denk- und Arbeitsweisen der Physik

- **Gegenstand der Physik** sind das Erkennen von Gesetzen, die in der Natur wirken, das Erklären von Vorgängen anhand physikalischer Gesetze und schließlich Vorhersagen, wie Vorgänge ablaufen werden.
- **Modelle** sind vereinfachte Vorstellungen und Idealisierungen von realen Objekten, Systemen und Vorgängen.
- Durch eine physikalische **Größe** wird eine Eigenschaft oder ein Merkmal einer Klasse von Objekten quantitativ erfasst.
- Um den **Wert** einer Größe anzugeben, wird eine Einheit festgelegt. Das Internationale Einheitensystem (SI) umfasst sieben Basiseinheiten.
- Ein physikalisches **Gesetz** ist ein allgemeiner und wesentlicher Zusammenhang in der Natur, der unter bestimmten Bedingungen (Gültigkeitsbedingungen) stets gilt.
- Eine physikalische **Theorie** ist ein System von Gesetzen, Modellen und anderen Aussagen über einen Teilbereich der Physik.
- Ein **Experiment** ist ein wissenschaftlicher Versuch. Dabei wird eine Naturerscheinung unter ausgewählten, kontrollierten, wiederholbaren und veränderbaren Bedingungen beobachtet und ausgewertet.
- Beim **Messen** einer physikalischen Größe wird der Ausprägungsgrad einer Eigenschaft mithilfe eines Messgerätes bestimmt.
- **Systematische Fehler** entstehen durch die Experimentieranordnung und durch die Messgeräte (Messgerätefehler).
- **Zufällige Fehler** kommen durch den Experimentator und durch die Umgebung zustande.
- **Fehlerfortpflanzung:** Werden bei der Ergebnisermittlung mehrere Messgrößen kombiniert, ergibt sich der Fehler des Ergebnisses aus den Fehlern der einzelnen Messgrößen.

## Mechanik

- Die **Masse**  $m$  drückt aus, wie stark der Körper einer Änderung seiner Bewegung durch eine Kraft widersteht (träge Masse) und wie schwer ein Körper ist (schwere Masse).
- Die **Geschwindigkeit**  $\vec{v} = \Delta \vec{s} / \Delta t$  ist eine vektorielle Größe. Sie hat in jedem Punkt der Bewegung einen Betrag und eine Richtung. Häufig wird nur mit dem Betrag der Geschwindigkeit gerechnet.
- Eine **Beschleunigung**  $\vec{a} = \Delta \vec{v} / \Delta t$  ändert Betrag und/oder Richtung der Geschwindigkeit eines Körpers. Sie ist eine vektorielle Größe.
- Für die **gleichförmige geradlinige Bewegung** gilt:  
 $s = vt + v_0t$ ,  $v = s/t = \text{konstant}$ ,  $a = 0$
- Die gleichförmige **Kreisbewegung** ist eine beschleunigte Bewegung, weil sich die Richtung der Geschwindigkeit ständig ändert.
- Für die **gleichmäßig beschleunigte geradlinige Bewegung** gilt:  $s = \frac{1}{2} a t^2 + v_0 t + s_0$ ,  $v = a t + v_0$ ,  $a = v/t = \text{konstant}$
- Der **freie Fall** ist eine gleichmäßig beschleunigte geradlinige Bewegung. Als beschleunigende Kraft wirkt nur die Gewichtskraft des Körpers.
- Bei **Wurfbewegungen** überlagern sich eine gleichförmige Bewegung und der freie Fall. Die Teilbewegungen verlaufen in gleicher (senkrechter Wurf nach unten), entgegengesetzter (senkrechter Wurf nach oben) oder beliebiger Richtung (waagerechter oder schiefer Wurf) zueinander.
- Die **Kraft**  $\vec{F}$  ist ein Maß für die Bewegungsänderung oder Verformung eines Körpers. Sie ist eine vektorielle Größe.
- Die Erde zieht die Körper je nach ihrer Masse verschieden stark an. Diese Kraft bezeichnet man als **Gewichtskraft**.
- Bewegt sich ein Körper auf einer Kreisbahn, greift an ihm eine zum Kreismittelpunkt gerichtete **Zentripetalkraft** an.
- Die **Zentrifugalkraft** beobachtet ein mit der Kreisbewegung mitbewegter Beobachter als nach außen gerichtete Kraft.

- Im **Kräftegleichgewicht** sind zwei in entgegengesetzter Richtung wirkende Kräfte gleich groß. Die Resultierende ist null.
- **Erstes newtonsches Gesetz** (Trägheitsgesetz): Ein Körper bleibt in Ruhe oder in gleichförmig geradliniger Bewegung, solange die Summe der auf ihn einwirkenden Kräfte null ist.
- **Zweites newtonsches Gesetz** (Grundgesetz der Dynamik):  
$$\vec{F} = m \vec{a}$$
- **Drittes newtonsches Gesetz** (Wechselwirkungsgesetz): Wirken zwei Körper aufeinander ein, so greift an jedem der beiden Körper eine Kraft an. Die beiden Kräfte haben gleiche Beträge, aber entgegengesetzte Richtungen (actio = reactio):  $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$
- **Energie** ist die Fähigkeit eines Systems, mechanische Arbeit zu verrichten, Wärme abzugeben oder Strahlung auszusenden.
- Gesetz von der **Erhaltung der Energie**: Energie kann von einem System auf ein anderes übertragen, gespeichert und von einer Energieform in eine andere umgewandelt werden. Dabei ändert sich die Gesamtenergie nicht.
- Wird keine mechanische Energie in andere Energieformen umgewandelt, gilt für ein abgeschlossenes System der **Energieerhaltungssatz der Mechanik**: Die Summe aus potentieller und kinetischer Energie bleibt erhalten:  
$$E_{\text{pot}} + E_{\text{kin}} = m g h + \frac{1}{2} m v^2 = \text{konstant}$$
- Mechanische **Arbeit**  $W$  wird verrichtet, wenn ein Körper oder ein System durch eine Kraft bewegt oder verformt wird. Bei konstanter Kraft gilt:  $W = \vec{F} \cdot \vec{s} = F s \cos \alpha$ .
- Die mechanische **Leistung**  $P$  gibt an, wie schnell die mechanische Arbeit  $W$  verrichtet wird. Es gilt:  $P = W / t$ .
- Der **Impuls**  $\vec{p} = m \vec{v}$  als Produkt aus Masse und Geschwindigkeit charakterisiert den Bewegungszustand eines Körpers.
- Wirkt während einer Zeitspanne  $t$  eine Kraft  $\vec{F}$  auf einen Körper, führt dies zu einer **Änderung des Impulses**:  $\vec{F} = \Delta \vec{p} / \Delta t$ .
- **Impulserhaltungssatz**: In einem kräftemäßig abgeschlossenen System bleibt der Gesamtimpuls erhalten.

- Beim **elastischen Stoß** gelten der Impulserhaltungssatz und der Energieerhaltungssatz der Mechanik.
- Beim **unelastischen Stoß** gelten der Impulserhaltungssatz und der allgemeine Energieerhaltungssatz.
- Zwei Körper ziehen sich wegen ihrer Massen stets gegenseitig an. Es gilt das newtonsche Gravitationsgesetz:

$$F = G \frac{m M}{r^2}$$

- Eine mechanische **Schwingung** ist eine zeitlich periodische Bewegung eines Körpers um eine Gleichgewichtslage.
- Das  $y$ - $t$ -Diagramm einer **harmonischen Schwingung** ist der Graph einer Sinusfunktion:  $y = y_{\max} \sin(\omega t)$ .
- Eine mechanische **Welle** ist die Ausbreitung einer mechanischen Schwingung im Raum. Bei einer Welle ändern sich physikalische Größen zeitlich und örtlich periodisch.
- Die **Wellenlänge**  $\lambda$  ist der kleinste Abstand zwischen zwei Oszillatoren im gleichen Schwingungszustand.
- Die Ausbreitungsgeschwindigkeit ist die Geschwindigkeit, mit der sich eine bestimmte Phase der Welle im Raum ausbreitet.
- **Wellengleichung** für eine lineare harmonische Welle:

$$y = y_{\max} \sin \left[ 2 \pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \right]$$

- **Huygenssches Prinzip**: Jeder Punkt einer Wellenfront ist Ausgangspunkt von Elementarwellen. Diese überlagern sich und bilden eine neue Wellenfront.
- Als **Beugung** bezeichnet man das Abweichen einer Welle von der geradlinigen Ausbreitung nach z. B. einem Spalt.
- Treffen zwei Wellen an einem Ort zusammen, so überlagern sie sich (**Interferenz**). Dabei kommt es zur Verstärkung, Abschwächung oder Auslöschung.

## Thermodynamik

- Die **innere Energie**  $U$  gibt an, wie groß die in einem System gespeicherte Energie ist.
- Die **Wärme**  $Q$  kennzeichnet die zwischen Systemen übertragene Energie. Sie ist eine Prozessgröße.
- Die **spezifische Wärmekapazität** ist eine Stoffkonstante. Sie gibt an, wie viel Wärme ein Körper der Masse 1 kg aufnimmt oder abgibt, wenn sich seine Temperatur um 1 K ändert.
- Bei idealen Gasen gilt die **allgemeine Zustandsgleichung**:  $(p V) / T = \text{konstant}$  oder  $p V = n R T$
- Die **innere Energie**  $U$  eines idealen Gases ist gleich der gesamten kinetischen Energie seiner Teilchen:  $U = N \bar{E}_{\text{kin}}$ .
- **Grundgleichung der kinetischen Gastheorie**:  $p V = N \bar{E}_{\text{kin}}$  oder  $p V = N m \bar{v}^2$
- Je schneller sich die Teilchen bewegen, desto höher ist die **Temperatur des Gases**:  $E_{\text{kin}} = 3/2 k T$ .
- **Erster Hauptsatz** der Thermodynamik: Tauscht ein System mit seiner Umgebung Wärme  $Q$  aus, verrichtet es mechanische Arbeit oder wird an ihm mechanische Arbeit  $W$  verrichtet, so ändert sich seine innere Energie:  
$$\Delta U = W + Q$$
- **Isotherme** Zustandsänderung ( $T = \text{konstant}$ ):  
$$\Delta U = 0, W = -Q$$
- Bei einer **adiabatischen** Zustandsänderung wird keine Wärme mit der Umgebung ausgetauscht ( $Q = 0$ ):  $\Delta U = W$ .
- Eine Abfolge von Zustandsänderungen, bei der wieder der Anfangszustand erreicht wird, bezeichnet man als **Kreisprozess**.
- Der thermische Wirkungsgrad  $\eta$  gibt an, welcher Anteil der zugeführten Wärme  $Q$  als mechanische Arbeit  $W$  genutzt werden kann:  $\eta = W / Q$ .
- **Reversible** Vorgänge führen von einem Ausgangszustand von allein wieder zu diesem zurück. Bei **irreversiblen** Vorgängen lässt sich der Ausgangszustand nur durch Zufuhr von Energie wieder erreichen.

- **Zweiter Hauptsatz** der Thermodynamik: In einem abgeschlossenen System verringert sich die Entropie nicht. Sie kann nur konstant sein oder zunehmen:  $\Delta S \geq 0$ .
- Die **Entropieänderung** wird charakterisiert durch die bei der Temperatur  $T$  aufgenommene Wärme  $Q$ :  $\Delta S = Q / T$ .
- **Dritter Hauptsatz** der Thermodynamik: Es ist unmöglich, den absoluten Nullpunkt der Temperatur zu erreichen.
- **Kirchhoffsches Strahlungsgesetz**: Emissionsgrad und Absorptionsgrad eines beliebigen Körpers sind gleich groß.
- **Stefan-boltzmannsches Strahlungsgesetz**: Die Strahlungsleistung  $P$  eines schwarzen Körpers hängt nur von der strahlenden Oberfläche  $A$  und seiner Temperatur  $T$  ab:  $P = \sigma A T^4$ .
- **Wiensches Verschiebungsgesetz**: Je höher die Temperatur  $T$  des schwarzen Körpers ist, desto kleiner ist die Wellenlänge der Strahlung, die er mit der größten Intensität emittiert.
- **Plancksches Strahlungsgesetz**: Je höher die Temperatur eines schwarzen Körpers ist, desto intensiver gibt er Energie durch Strahlung einer bestimmten Wellenlänge ab.

## Elektrizitätslehre

- Die **elektrische Ladung**  $Q$  gibt an, wie groß der Elektronenüberschuss oder der Elektronenmangel eines Körpers ist.
- Die **elektrische Stromstärke**  $I$  ist die pro Zeiteinheit transportierte Ladung:  $I = \Delta Q / t$ .
- Für die Kräfte zwischen zwei annähernd punktförmigen geladenen Körpern gilt das **coulombsche Gesetz**:

$$F = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0 \epsilon_r} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

- Die **elektrischen Feldlinien** verlaufen von der positiven zur negativen Ladung.
- Die **elektrische Feldstärke**  $\vec{E}$  beschreibt Stärke und Richtung eines elektrischen Feldes:  $\vec{E} = \vec{F} / Q$ .

- Das **elektrische Potenzial**  $\varphi$  eines Punktes im elektrischen Feld ist ein Maß für die potenzielle Energie, die ein geladener Körper in diesem Punkt besitzt.
- Die **elektrische Spannung**  $U$  zwischen zwei Punkten im elektrischen Feld ist gleich der Differenz der Potentiale in diesen beiden Punkten.
- Die **Kapazität**  $C$  gibt an, wie viel Ladung ein Kondensator bei einer Spannung von 1 V speichern kann:  $C = Q / U$ .
- Die **magnetischen Feldlinien** sind geschlossen. Sie verlaufen vom Nordpol zum Südpol des Magneten.
- Für das **Magnetfeld** eines geraden, von Strom der Stärke  $I$  durchflossenen Leiters gilt:

$$B = \mu_0 \mu_r \frac{I}{2 \pi r}$$

- Bewegen sich geladene Teilchen der Geschwindigkeit  $v$  im Magnetfeld  $B$  senkrecht zu dessen Richtung, wirkt die **Lorentz-Kraft**  $F_L$  auf sie mit dem Betrag:  $F_L = q v B$ .
- Die Entstehung einer Spannung zwischen den Enden eines Leiters bei Bewegung im Magnetfeld oder bei Änderung des Magnetfeldes bezeichnet man als **elektromagnetische Induktion**, die entstehende Spannung als **Induktionsspannung**.
- Wenn das Magnetfeld mit der Flussdichte  $B$  senkrecht auf der wirksamen Fläche  $A$  steht, gilt für den **magnetischen Fluss**:  
 $\varphi = B A$ .
- In einer **Spule** mit  $N$  Windungen wird eine Spannung  $U_i$  induziert, wenn sich der magnetische Fluss durch die Spule ändert:

$$U_i = - N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

- **Lenzsches Gesetz:** Der Induktionsstrom ist stets so gerichtet, dass er seiner Ursache entgegenwirkt.
- Die **Induktivität**  $L$  einer Spule gibt an, wie stark eine Änderung der Stromstärke durch Selbstinduktion behindert wird.

- **Halbleiterdioden** bestehen aus einer Kombination eines p-Halbleiters mit einem n-Halbleiter. Eine Diode lässt elektrischen Strom nur in einer Richtung durch.
- Der **bipolare Transistor** ist ein Halbleiterbauelement mit zwei p-n-Übergängen. Die drei Anschlüsse des Transistors heißen Emitter, Basis und Kollektor. Der Kollektorstrom kann mithilfe des Basisstroms gesteuert werden.
- Bei einem **Wechselstrom** ändern Spannung und Strom periodisch ihre Polarität bzw. Richtung.
- Bei einem Wechselstrom kann zwischen Spannung und Stromstärke eine **Phasenverschiebung**  $\varphi \neq 0$  bestehen.
- Stromstärke und Spannung werden im Wechselstromkreis meist durch ihre **Effektivwerte** angegeben. Bei diesen Werten wird die gleiche Leistung wie im Gleichstromkreis abgegeben:

$$I = \frac{1}{\sqrt{2}} i_{\max} \quad U = \frac{1}{\sqrt{2}} u_{\max}$$

- **Ohmsche Widerstände:** Sie bewirken die Umwandlung von elektrischer Energie in Wärme oder Licht (**Wirkwiderstand**).
- An **induktiven** und **kapazitiven Widerständen** wird keine Wärme abgegeben. Sie wirken als **Blindwiderstand**.
- Den Gesamtwiderstand im Wechselstromkreis bezeichnet man als **Scheinwiderstand**.
- **Wirkleistung:** An ohmschen Widerständen wird die Wirkleistung umgesetzt. Das ist die Leistung, die tatsächlich der Spannungsquelle entnommen wird. Für eine Phasenverschiebung von  $\varphi \neq 0$  wird die Wirkleistung maximal.
- Eine **elektromagnetische Schwingung** ist die zeitlich periodische Änderung der Stärke eines elektrischen und eines magnetischen Feldes an einem Ort.
- Eine **elektromagnetische Welle** ist die Ausbreitung einer elektromagnetischen Schwingung im Raum.
- Für die Periodendauer im ungedämpften **Schwingkreis** gilt die thomsonsche Schwingungsgleichung:  $T = 2\pi \sqrt{LC}$ .

## Optik

- **Fermatsches Prinzip:** Den Weg von der Lichtquelle zum Empfänger legt das Licht immer in kürzester Zeit zurück.
- Die **Farbe** des Lichts wird durch die Frequenz bestimmt, seine **Intensität** durch das Quadrat der Amplitude.
- Unter **Intensität** des Lichts  $I$  versteht man die übertragene Strahlungsleistung  $P$  pro Fläche:  $I = P / A$ .
- Um die **Brechzahl**  $n$  als Stoffkonstante angeben zu können, nutzt man den Übergang vom Vakuum (Lichtgeschwindigkeit  $c_0$ ) in den Stoff:  $n = c_0 / c_1$ ; im Vakuum ist  $n = 1$ .
- Der Einfallswinkel, bei dem der Brechungswinkel  $90^\circ$  beträgt, heißt **Grenzwinkel der Totalreflexion**  $\alpha_G$  mit  $\sin \alpha_G = c_1 / c_2$ . Für alle Einfallswinkel  $\alpha > \alpha_G$  tritt Totalreflexion auf.
- **Reelle Bilder** kann man auf einem Schirm auffangen. **Vir-tuelle Bilder** kann man zwar beobachten und fotografieren, aber nicht auf einem Schirm auffangen.
- Der Abstand des Brennpunktes vom Zentrum des Spiegels oder der Linse wird als **Brennweite**  $f$  bezeichnet.
- **Abbildungsmaßstab:**  $A = B / G = b / g$
- **Abbildungsgleichung:**  $\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b}$
- Die **Vergrößerung**  $V$  bezieht sich immer auf den Sehwinkel  $\alpha$ :  
$$V = \frac{\tan \alpha_2}{\tan \alpha_1}$$
- Damit Interferenzmuster entstehen, müssen die sich über-lagernden Lichtwellen die gleiche Frequenz und eine feste Phasenbeziehung haben: Sie müssen **kohärent** sein.
- Beim **Gitter** der Gitterkonstante  $b$  gilt für die Lage der **Inter-ferenzmaxima**:  
$$\sin \alpha_k = \frac{k \lambda}{b}$$
- **Linear polarisiertes** Licht schwingt nur in einer Ebene.

## Quanten-, Atom- und Kernphysik

- Zur Ablösung von Elektronen aus einem Festkörper ist eine bestimmte Arbeit, die **Austrittsarbeit**  $W_A$ , notwendig.
- Das **plancksche Wirkungsquantum**  $h$  ist eine Naturkonstante. Sie beträgt  $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$  J s.
- Licht kann man sich als Strom von Photonen vorstellen, die sich mit Lichtgeschwindigkeit von der Lichtquelle fortbewegen. Die **Energie eines Photons** beträgt  $E = hf$ .
- Für den **Impuls des Photons** gilt:  $p = h / \lambda$ .
- Werden energiereiche Elektronen an einer Metalloberfläche abgebremst, entsteht kurzwellige elektromagnetische Strahlung, die **Röntgenstrahlung**.
- **Compton-Effekt**: Streut man Röntgenphotonen an freien Elektronen, so haben die Photonen nach der Streuung eine kleinere Frequenz und eine größere Wellenlänge als vorher.
- Das Verhalten einzelner **Quantenobjekte** kann in der Regel nicht vorhergesagt werden. Bei Quantenobjekten kann Interferenz auftreten, die sich mit dem Teilchenmodell nicht beschreiben lässt.
- Quantenobjekten kann man eine Wellenlänge zuordnen, die sogenannte **De-Broglie-Wellenlänge**:  $\lambda = h / p$ .
- Man kann für ein einzelnes Quantenobjekt keine Vorhersage machen, jedoch eine **Wahrscheinlichkeitsaussage** für eine große Anzahl solcher Objekte.
- **Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation**: Je bestimmter der Ort eines Quantenobjekts ist, desto unbestimmter ist sein Impuls und umgekehrt:  $\Delta x \Delta p \geq h / 4 \pi$ .
- **Komplementarität**: Man kann nicht gleichzeitig die Welcher-Weg-Information und ein Interferenzmuster erhalten.
- In der Atomhülle können die Elektronen nur bestimmte diskrete **Energieniveaus** annehmen, die durch **Quantenzahlen** charakterisiert sind.
- Die räumlichen Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Elektronen in der Atomhülle bezeichnet man als **Orbitale**.

- **Pauli-Prinzip:** In einem Atom können niemals zwei Elektronen in allen Quantenzahlen übereinstimmen.
- **Laserstrahlung** ist monochromatisch, kohärent, vollständig polarisiert und hat eine hohe Leistungsdichte.
- Ein durch Massenzahl und Kernladungszahl bestimmter Atomkern heißt **Nuklid**. Atomkerne mit gleicher Kernladungszahl, aber unterschiedlicher Neutronenzahl heißen **Isotope**.
- Unter **Radioaktivität** versteht man die Veränderung von Atomkernen unter Abgabe radioaktiver Strahlung.
- Arten **radioaktiver Strahlung:**  $\alpha$ -Strahlung (Helium-Kerne),  $\beta$ -Strahlung (Elektronen oder Positronen),  $\gamma$ -Strahlung (energiereiche Photonen)
- Absorbiert Körpergewebe der Masse  $m$  eine Energie  $E$  aus radioaktiver Strahlung, beträgt die **Energiedosis:**  $D = E / m$ .
- Die **Äquivalentdosis**  $H$  ist ein Maß für die biologische Wirkung radioaktiver Strahlung.
- Die **Halbwertszeit**  $T_{1/2}$  gibt an, in welcher Zeit jeweils die Hälfte der vorhandenen instabilen Atomkerne zerfällt.
- **Gesetz des radioaktiven Zerfalls:** Sind anfangs  $N_0$  radioaktive Kerne in einer Probe vorhanden, dann befinden sich nach der Zeit  $t$  nur noch  $N$  Kerne in der Probe:  $N = N_0 e^{-\lambda t}$ ;  $\lambda$  ist die Zerfallskonstante:  $\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$ .
- Die kurzreichweitige **Kernkraft** hält die Atomkerne zusammen.
- **Quarks** treten in sechs Arten auf. Protonen bestehen aus zwei up-Quarks (u, Ladung  $+2/3 e$ ) und einem down-Quark (d,  $-1/3 e$ ), Neutronen aus einem u- und zwei d-Quarks.
- Elektron, Myon und Tauon sowie die drei Neutrinos zählen zu den **Leptonen**. Sie bilden zusammen mit den Quarks die drei Familien des Standardmodells der Elementarteilchen.

## Relativitätstheorie

- Bezugssysteme, in denen das Trägheitsgesetz gilt, bezeichnet man als **Inertialsysteme**.
- Alle **Inertialsysteme** sind gleichberechtigt. Die fundamentalen Naturgesetze gelten in jedem Inertialsystem.
- Die **Lichtgeschwindigkeit** ist in jedem Inertialsystem gleich groß und unabhängig von der Bewegung der Lichtquelle und des Beobachters.
- **Relativität der Gleichzeitigkeit:** Zwei Ereignisse, die in einem Inertialsystem  $S$  an verschiedenen Orten zum gleichen Zeitpunkt stattfinden, erfolgen in einem gegenüber  $S$  bewegten Inertialsystem  $S'$  nicht gleichzeitig.
- **Zeitdilatation:** Für einen im ruhenden System  $S$  befindlichen Beobachter vergeht die Zeit in einem bewegten Bezugssystem  $S'$  langsamer als im ruhenden System  $S$ .
- **Längenkontraktion:** Für einen Beobachter erscheint die Länge eines Körpers, der sich relativ zu ihm bewegt, kleiner als für einen mitbewegten Beobachter. Dieser Effekt wird als Längenkontraktion bezeichnet.
- In der Relativitätstheorie sind Raum und Zeit untrennbar miteinander verbunden (**Raumzeit**).
- Körper oder Teilchen haben in einem Bezugssystem, in dem sie ruhen, die **Ruhemasse**  $m_0$ .
- Die **relativistische Masse**  $m$  eines Körpers, also die Masse eines bewegten Körpers, nimmt mit seiner Geschwindigkeit zu.
- **Masse-Energie-Äquivalenz:** Die Gesamtenergie  $E$  eines Körpers ist proportional zu seiner relativistischen Masse  $m$ . Es gilt:  $E = m c^2$ .
- **Äquivalenzprinzip:** Lokal lassen sich die Wirkungen von Gravitationsfeld und Beschleunigung nicht unterscheiden. Daraus folgt, dass auch träge und schwere Masse äquivalent sind.

# 1 Denk- und Arbeitsweisen der Physik

## Wichtige Definitionen

### Gegenstand der Physik

Erkennen von Gesetzen, die in der Natur wirken; Erklären von Vorgängen anhand physikalischer Gesetze; Vorhersagen, wie Vorgänge ablaufen werden.

Gravitationsgesetz;  
Verlauf einer Wurfbahn;  
mit welcher Geschwindigkeit wird eine Kugel, die aus einer bestimmten Höhe frei fällt, auf dem Boden aufreffen?

### Physikalische Begriffe

Die Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Objekten (Körper, Stoffe, Vorgänge) bilden die Basis der physikalischen Begriffsbildung: Objekte mit gemeinsamen Eigenschaften werden zu einer Gruppe zusammengefasst und erhalten einen gemeinsamen Namen. Der Begriff ist die gedankliche Zuordnung der Objekte zu diesem Namen.

Masse  
Kraft  
Geschwindigkeit  
Schwingung  
Temperatur  
Wärme  
Energie  
elektrische Spannung  
Licht  
Strahlung

### Modelle

Modelle sind vereinfachte Vorstellungen und Idealisierungen von realen Objekten und Vorgängen, die in der Natur ablaufen.

starrer Körper  
ideales Gas  
Lichtstrahl  
Lichtwelle  
bohresches Atommodell

## 1.1 Begriffe, Größen und Modelle in der Physik

Durch die **Definition eines Begriffs** werden die wesentlichen und gemeinsamen Merkmale der betrachteten Klasse von Objekten festgelegt.

**Physikalische Größen:** Physikalische Größen sind ein spezieller Teil physikalischer Begriffe. Durch eine physikalische Größe wird eine Eigenschaft oder ein Merkmal einer Klasse von Objekten quantitativ erfasst. Wie stark diese Eigenschaft oder dieses Merkmal ausgeprägt ist, bezeichnet man als Wert der Größe. Zu einer Größe gehören:

- **Formelzeichen:** Jede Größe hat ein Formelzeichen.
- **Einheit:** Um den Wert einer Größe anzugeben, wird eine Einheit festgelegt. Das **Internationale Einheitensystem (SI)** umfasst sieben Basiseinheiten.
- **Wert:** Der Wert ist das Produkt aus Zahlenwert und Einheit.
- **Gleichung zur Berechnung** der Größe oder Angabe eines Messverfahrens oder Messgeräts.

*Beispiel:* Geschwindigkeit eines Körpers:

Gleichung:  $v = \frac{ds}{dt} = s$  Formelzeichen:  $v$ , Einheit: m/s

Die Geschwindigkeit beträgt  $v = 3,6 \text{ m/s} = 3,6 \text{ m s}^{-1}$ .

**Physikalische Modelle:** Physikalische Gesetze lassen sich oft nur unter idealisierten Bedingungen formulieren.

- Ein Modell ist eine Vereinfachung oder Idealisierung des Originals. Einige Eigenschaften des Modells stimmen mit dem Original überein, andere jedoch nicht.
- Mit einem Modell kann man nur *einige* der Erscheinungen erklären oder voraussagen.
- Ein Modell ist nur innerhalb bestimmter Grenzen gültig; es darf nur innerhalb dieser Grenzen angewendet werden.